وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

الجامعة الوطنية الخاصة

كلية الهندسة المدنية

بين السحاب والخيال

الرحلة الهندسية لبناء أطول برج في العالم

تقديم الطالب

وائل عبد الرحمن العتال

اشراف

د.م مجد المحمود

ملخص:

تم في هذا البحث تقديم العديد من المعلومات المتعلقة ببرج خليفة الذي يعد رمزاً بارزاً للتطور الهندسي والمعماري في القرن الواحد والعشرين، من خلال تصميمه الفريد وارتفاعه الذي يحطم الأرقام القياسية، حيث أصبح البرج وجهة سياحية رئيسية ومعلماً عالمياً يجذب الملاين من الزوار سنوياً. تمثل الإنجازات التقنية والإنشائية التي تحققت في بناء هذا البرج قمة الإبداع البشري والإصرار على تحقيق المستحيل . فإلى جانب دوره كمعلم سياحي، يساهم برج خليفة بشكل كبير في تعزيز الاقتصاد المحلي وتشجيع الإبتكار في مجالات متعددة.

يمكننا القول في النهاية أن برج خليفة سيظل شاهداً على ما يمكن أن يحققه التعاون البشري و التصميم على تحقيق الطموحات الكبرى.

١- المقدمة:

١-١. تعريف ناطحات السحاب:

ناطِحَة السَّحاب أو الصَّرْح: مبنى شديد الارتفاع . وبالرغم من عدم وجود تعريف رسمي لناطحة السحاب، إلا أنه أحياناً يعد ارتفاع مبنى ل 150 متر مؤهلاً له بأن يطلَق عليه اسم ناطحة سحاب. ويعد الشكل والمظهر من الخصائص الأخرى للمبنى التي تؤهله لأن يطلق عليه اسم ناطحة سحاب.[1]

١-٢. أهمية ناطحات السحاب:[2]

لناطحات السحاب الكثير من الفوائد، منها ما يأتي:

1-2-1. تحسين جودة الحياة:

إنّ الفكرة الأساسية من بناء ناطحات السحاب هي السيطرة على التوسّع الحضري المتزايد الذي يُشكّل تحدياً كبيراً أمام توزيع الخدمات على السكان ومدى توفرها وقربها منهم؛ بما في ذلك الخدمات الصحية، والتعليمية، ووسائل النقل، وحتى توفر الخدمات ضمن المبنى الواحد؛ بما في ذلك خدمات الصرف الصحي، وتمديدات الطاقة والإضاءة والغاز، ومعايير السلامة.

على سبيل المثال، في حال تضمنّت ناطحة السحاب الواحدة 500 وحدة سكنية، فإنّ كل سكان هذه الوحدات يحصلون على الخدمات المحيطة بناطحة السحاب بكل سهولة سيراً على الأقدام، ودون الحاجة لاستخدام وسائل النقل، مما يوفّر كثيراً من الوقت والمال، ويُحسّن من جودة الحياة عموماً.

2-2-1. الاستغلال الأمثل للأراضي:

تترك ناطحات السحاب مساحات كبيرة وخالية من الأراضي مقارنة بالمباني التقليدية، مما يسمح بإنشاء مناطق ترفيهية مختلفة؛ مثل المتنزهات والحدائق، كما يُمكن زراعة هذه الأراضي لتكون موطناً لأنواع مختلفة من الأشجار والحيوانات، أو استخدامها كمزارع ومراعي، مما يخلق مساحات مفتوحة وهادئة للسكان بعيداً عن الضوضاء.

3-2-1. استيعاب الكثافة السكانية العالية:

في المدن ذات الكثافة السكانية العالية والمساحات المحدودة، تعد ناطحات السحاب الخيار الأنسب لاستيعاب الأعداد المتزايدة من السكان؛ لأنّ التوسّع العمراني فيها يكون عمودياً، إذ يتضمن المبنى الواحد الذي يشغل مساحةٍ صغيرة نسبياً عدداً كبيراً من الطوابق، على عكس التوسّع العمراني التقليدي الذي يكون أفقياً على مساحاتٍ كبيرة وبمبانٍ ذات أعداد طوابق قليلة.

4-2-1. الجاذبية الحضرية والاقتصادية:

تعد ناطحات السحاب من أبرز المعالم المُميّزة للمُدن المُتقدمة؛ إذ تعكس صورتها الحضارية والتطوّر العمراني الذي تشهده، وذلك من خلال توفير المرافق الخدمية الشاملة ووسائل الراحة الإضافية لسكانها، كما تُعد رمزاً للقوة والازدهار الاقتصادي، إذ تُعزز الاقتصاد من خلال خلق فرص عمل في عدة مجالات؛ مثل البناء، والخدمات، والتجارة، والسياحة.

٣-١. نبذة مختصرة عن برج خليفة:[3]

يصل برج خليفة، أطول مبنى في العالم، إلى ارتفاع مذهل يبلغ 828متراً (2,716.5 قدماً). وتقع هذه الأعجوبة المعمارية في وسط مدينة دبي، وقد طوّرتها شركة إعمار العقارية، لتجسّد طموح دبي وترفها. حطّم البرج العديد من الأرقام القياسية، بما في ذلك:

١. أطول مبنى في العالم.

٢. أطول هيكل قائم بذاته في العالم.

٣. أكثر عدد طوابق في أطول مبنى قائم بذاته في العالم.

٤. أعلى طابق مأهول في العالم.

٥. أعلى منصّة مشاهدة خارجية في العالم.

٦. مصعد بأطول مسافة في العالم.

٧. أطول مصعد خدمة في العالم.

2- تاريخ ناطحات السحاب

٢-١. بداية ظهور ناطحات السحاب:[4]

تقع أول ناطحة سحاب عرفتها البشرية في اليمن، في محافظة حضرموت، ويعود تاريخ إنشائها إلي القرن السادس عشر الميلادي حيث تم بناؤها من جذوع النخيل والطين والماء، وتقع المدينة التاريخية شبام على بعد حوالي ألف كيلومتر من العاصمة اليمنية صنعاء، وتلقب ب مانهاتن الصحراء.

أضيفت مدينة شبام إلي منظمة التراث العالمي لليونسكو عام 1982، كواحدة من أجمل المباني والأكثر تنظيماً وباعتبارها أقدم مدينة ناطحة سحاب في العالم، كما أضيفت إلي مواقع التراث العالمي لليونسكو المعرضة للخطر عام 2015 نسبة للحروب والمعارك السياسية في اليمن بالإضافة إلى الأمطار التي تسببت في انهيار بعض ناطحات السحاب.

يبلغ ارتفاع المباني أكثر من 680 متراً، وتعتبر من أكبر ناطحات السحاب الموجودة في العالم والباقية منذ عدة قرون، وتضم المدينة حوالي 500 ناطحة سحاب بنيت على مجموعة من التلال الصخرية المحمية بسور عالٍ يقارب ال 300 متر.

٢-٢. تطور الهندسة المعمارية لناطحات السحاب عبر الزمن:[5]

تطورت الهندسة المعمارية لناطحات السحاب بشكل كبير عبر الزمن، بدءًا من بداياتها في أواخر القرن التاسع عشر وحتى اليوم. في البداية، كانت ناطحات السحاب تُبنى باستخدام الهياكل الفولاذية، مما سمح بإنشاء مبانٍ أعلى وأكثر استقرارًا. مدينة شيكاغو الأمريكية تُعتبر مهد ناطحات السحاب، حيث بُنيت أول ناطحة سحاب في العالم، وهي مبنى بيت التأمين. مع مرور الوقت، تطورت تقنيات البناء والمواد المستخدمة، مما أدى إلى إنشاء مبانٍ أعلى وأكثر تعقيدًا. في القرن العشرين، شهدت مدينة نيويورك منافسة حقيقية بين المهندسين المعماريين لبناء أعلى المباني في العالم، مثل مبنى إمباير ستيت ومركز التجارة العالمي. في العقود الأخيرة، شهدت ناطحات السحاب تطورًا كبيرًا في التصميم والهندسة، مع التركيز

على الاستدامة والكفاءة الطاقية. أصبحت ناطحات السحاب الحديثة تُبنى باستخدام تقنيات متقدمة ومواد خفيفة الوزن، مما يسمح بإنشاء مبانٍ أعلى وأكثر استدامة. اليوم، تُعتبر ناطحات السحاب رمزًا للتطور التكنولوجي والاقتصادي في المدن الكبرى حول العالم، مثل دبي وهونغ كونغ وشنغهاي.

٣-٢. أمثلة عن ناطحات السحاب الشهيرة في العالم:[6]

برجا بتروناس التوأم

تايبيه ١٠١

برج العرب

مركز شنغهاي المالي العالمي

مبنى كرايسلر

مبنى إمباير ستيت

الشكل (1)

ناطحات السحاب الشهيرة

3- برج خليفة – لمحة عامة

٣-١. موقع برج خليفة:[7]

بُرج خليفة (المعروف باسم برج دبي قبل افتتاحه في عام 2010) ناطحة سحاب في إمارة دبي في دولة الإمارات العربية المتحدة . يبلغ ارتفاعه الإجمالي 829.8 مترًا (2,722 قدمًا، ما يزيد قليلاً عن نصف ميل) وارتفاعه بدون الهوائي 828 متراً ويتألف من 163 طابقًا.

يُعَدُّ بُرج خليفة أعلى بناء شيّده الإنسان وأطول برج في العالم بعد أن تجاوز برج تايبيه 101 في تايوان في عام 2009.

٢-٣. المواصفات الفنية والهندسة للبرج [8,7]

١-٢-٣. المواصفات الفنية:

- **الارتفاع:** 828 مترا (2,722 قدما).
- **عدد الطوابق:** 163 طابقا.
- **المساحة:** 344,000 متر مربع.
- **عدد المصاعد:** 57 مصعدا بما في ذلك مصاعد عالية السرعة تصل إلى 10 متر/ ثانية لتقليل وقت الانتظار ونقل الركاب بسرعة.

2-2-3. التصميم الهندسي:

- **الشكل:** تصميم البرج مستوحى من العمارة الإسلامية ويتميز بشكل حرف Y للاستفادة المثلى من المساحة للأغراض السكنية الفندقية.
- **الواجهات الزجاجية:** يحتوي البرج على أكثر من 26,000 لوح زجاجي تغطي السطح الخارجي وتساهم في عزل البرج حراريا وتقليل استهلاك الطاقة.
- **نظام التبريد:** يستخدم البرج نظام تبريد مركزي يعتمد على المياه الباردة، مما يساعد في تقليل استهلاك الطاقة.
- **نظام التنظيف الآلي:** يحتوي البرج على نظام تنظيف آلي للواجهات الزجاجية، مما يضمن الحفاظ على مظهره الخارجي اللامع والنظيف.

٣-٣. المصممين والمهندسين والمعماريين المشاركين في بناء البرج[10,9,8]

1-3-3. المهندسين والمعمارين:

- **أدريان سميث:** المهندس المعماري الرئيسي من شركة سكيدموري، أوينغس وميريل (SOM). كان له دور كبير في تصميم البرج.
- **ويليام بيكر:** المهندس الإنشائي الرئيسي من شركة سكيدموري، أوينغس وميريل (SOM) كان مسؤولا عن تصميم الهيكل الإنشائي للبرج.
- **شركة سكيدموري أوينغس وميريل (SOM):** شركة الهندسة المعمارية والهندسية الإنشائية التي تولت تصميم البرج.

2-3-3. فريق العمل:

- **إعمار العقارية:** المطور الرئيسي للمشروع.
- **أحمد الفلاسي:** المدير التنفيذي لبرج خليفة، الذي كان له دور كبير في إدارة المشروع وتنفيذه.
- **بشار محمد كساب:** مدير أول لخدمات الفنية في برج خليفة، الذي كان له دور في تصميم الأنظمة الفنية للبرج.

3-3-3. العمال والفنيين:

- شارك في بناء البرج أكثر من 12,000 عامل من مختلف الجنسيات، الذين عملوا جنبا إلى جنب لتحقيق هذا الإنجاز الهندسي الرائع.

4- التصميم والأنشاء

١-٤. المواد المستخدمة في بناء برج خليفة:[12,11]

4-1-1. الخرسانة:

- **الكمية:** حوالي 330,000 متر مكعب.
- **نوع الخرسانة:** خرسانة عالية الأداء بقوة ضغط تصل إلى حوالي 80 ميجا باسكال (MPa).
- **مميزات:** تم صبها ليلا لتجنب الحرارة العالية وضمان القوة والصلابة.

4-1-2. الفولاذ الهيكلي:

- **الكمية:** أكثر من 39,000 طن.
- **مميزات:** مرونة لتحمل الرياح القوية والزلازل بالإضافة إلى تعزيز الهيكل الأساسي.

4-2-3. الزجاج:

- **الكمية:** حوالي 103,000 متر مربع.
- **مميزات:** يوفر مظهرا عصريا وأنيقا، ويتيح مناظر بانورامية للمدينة.

4-2-4. الفولاذ المقاوم للصدأ:

- **الكمية:** 15,500 متر مربع.
- **مميزات:** يستخدم للواجهة الخارجية ولتعزيز هيكل البرج.

4-2-5. الألمنيوم:

- **الكمية:** 110,000 طن.
- **مميزات:** خفيف الوزن وقوي، ويستخدم في الواجهة الخارجية.

4-2-6. التشطيبات الداخلية:

- **المواد:** الحجر الطبيعي، الرخام، الجص المعماري.
- **مميزات:** تصميم داخلي فاخر وجمالي.

4-2-7. الأنظمة الميكانيكية والكهربائية:

- **المواد:** الأنابيب، الأسلاك، المفاتيح، لوحات التحكم.
- **مميزات:** أنظمة متقدمة للتهوية والتكييف، أنظمة إضاءة موفرة للطاقة.

4-2-8. العزل الحراري:

- **المواد:** الصوف المعدني، البولي يوريثين، الزجاج المزدوج، البوليسايرين، البولي إيزوسيانورات.
- **مميزات:** الحفاظ على برودة المبنى وتقليل استهلاك الطاقة.

4-2-9. العزل الصوتي:

- **المواد:** الصوف المعدني، ألواح الجبس المملوءة، الرغوة الصوتية، الأغشية العازلة للصوت، الأبواب والنوافذ العازلة للصوات.
- **مميزات:** ضمان الراحة الصوتية داخل المبنى.

٤-٢-١٠. التجهيزات الصحية:

- **المواد:** السيراميك، الأدوات الصحية عالية الجودة.
- **مميزات:** تجهيزات صحية متقدمة توفر راحة للسكان والزوار.

٤-٢. التكنولوجيا والتقنيات الهندسية المستخدمة[13,11]

٤-٢-١. التصميم الإنشائي:

- **نظام القلب الأسطواني:** يعتمد تصميم برج خليفة على نواة مركزية قوية تتكون من أسطوانة خرسانية تحتوي على أعمدة وجدران سميكة توفر صلابة واستقرارا. يتفرع من هذه النواة ثلاث أجنحة منحنية تساهم في توزيع الأحمال وتحسين الاستقرار.

- **التحليل الإنشائي المتقدم:** تم استخدام برامج حاسوبية متقدمة لتحليل الأحمال الديناميكية والثابتة مما ساعد المهندسين على تحديد النقاط الحرجة وتوزيع الأحمال بكفاءة.

4-2-2. التكنولوجيا المستخدمة:

- **الخرسانة عالية المقاومة:** تم تطوير خرسانة خاصة ببرج خليفة تحتوي على إضافات ومواد معززة توفر مقاومة عالية للتأكل والضغوط.
- **الفولاذ المتين:** استخدم الفولاذ عالي الجودة في أجزاء من الهيكل لدعم الأحمال وتعزيز الصلابة.

4-2-3. التقنيات البيئية:

- **نظام تجميع مياه التكثيف:** يتم تجميع المياه الناتجة عن تكثيف الهواء داخل البرج وإعادة استخدامها في الري وتبريد النظام.
- **استخدام الزجاج المنخفض الانبعاثات:** يستخدم زجاج خاص يعكس الحرارة ويقلل من فقدان الطاقة مما يساعد في الحفاظ على درجة الحرارة المثلى داخل المبنى.

4-2-4. تقنيات البناء:

- **رافعات البناء العملاقة:** تم استخدام رافعات قوية ومتقدمة لرفع المواد إلى ارتفاعات شاهقة مما ساهم في تسريع عملية البناء وتحقيق الدقة.
- **تقنيات الصب واللحام الحديثة:** استخدمت تقنيات صب الخرسانة واللحام لضمان دقة وجودة في تنفيذ الهيكل.

4-2-5. النظام الكهربائي والميكانيكي:

- **أنظمة المصاعد المتقدمة:** يحتوي برج خليفة على أنظمة مصاعد متقدمة يمكنها التنقل بسرعات عالية وتوفر راحة وسرعة في التنقل داخل المبنى.
- **أنظمة التكييف والتهوية:** استخدمت أنظمة تكييف وتهوية متقدمة لضمان توزيع الهواء النقي وراحة المستخدمين في جميع الطوابق.

التحديات التي واجهت المهندسين أثناء البناء[14]

4-3-1. طبيعة أرض دبي ومناخها:

كانت هذه عقبةٌ كبيرةٌ أمام المهندسين، ذلك لأن مبنىً بهذا الارتفاع والوزن الكبير سيغوص بالتأكيد في الأرض الرملية، ويؤدي إلى انهيارٍ كارثي، وبعد العديد من الدراسات توصلوا مع المهندس المعماري إلى:

١- **تصميم المبنى على شكل حرف Y:**

وذلك حتى يتوزع حمل البرج بأكمله على مساحةٍ واسعةٍ.

٢- **إنشاء أساس قويٍ يتحمل الوزن الكبير للبرج (الشكل 2):**

وذلك عن طريق القيام بأساساتٍ إسمنتيةٍ بسماكة 3.5 م وعدم طوفها على سطح التربة الرملية قاموا بتدعيمه بـ 194 ركيزةٍ إسمنتيةٍ قطر كل منها 1.5م، ومدوا عمقها تحت الأرض الرخوة حتى 50 م، وتأتي قوة الركائز هذه من قوة الاحتكاك بينهم.

الشكل (2)
إنشاء أساس قوي يتحمل الوزن الكبير للبرج

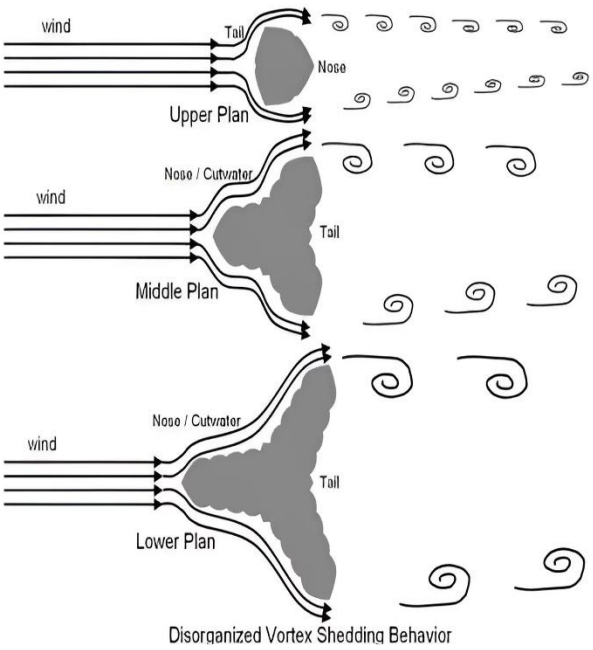
4-3-2. مواد البناء المستخدمة ونقلها مع هذا الارتفاع (الشكل 3):

مع هذا الارتفاع كان من الصعب استخدام الفولاذ كما هو الحال في معظم ناطحات السحاب، لذا لجأ المهندسون لاستخدام الإسمنت، وذلك لقوته وجودة صناعة دبي له. وحتى يحققوا السرعة في البناء، ابتعدوا عن الصب التقليدي للإسمنت وفضلوا استخدام آلة الصب المتحركة، حيث يتم صب السمنت السائل داخلها، وبعد جفافه يتم تركيبه في المكان المخصص له، ثم يتم نقل الآلة للدور التالي وتكرار

الشكل (3)
مواد البناء المستخدمة ونقلها مع هذا الارتفاع

العملية.

وبسبب ارتفاع المبنى أيضاً كان هناك خوفٌ من تلف وتصلب الإسمنت لذلك تمت إضافة الجليد والخوالط (مواد كيميائية) إليه للحفاظ عليه حتى يصل للارتفاع المطلوب.



الشكل(٤)
تأثير الرياح الشديدة على ثبات البرج

3-3-4. تأثير الرياح الشديدة على ثبات البرج (الشكل 4):

قام الإنشائي ويليام بيكر بإنشاء مجسمٍ مصغرٍ للبرج واختبار قوة الرياح، وبعد العديد من المحاولات والدراسات توصل إلى التغيير في شكل البرج النهائي، حيث يضيق البرج كلما ارتفع، ويأخذ شكلاً لولبياً غير مسطحٍ ليكون في النهاية وكأنه عبارة عن عدة ناطحات سحابٍ مختلفة الشكل تم تركيبها فوق بعضها، مما يعمل على تشتيت الرياح عند اصطدامها بالمبنى وتعاملها مع عدة طبقاتٍ مختلفةٍ من البرج مما يقلل من تأثيرها.

5- الاستخدامات والفوائد [11,8,7]

١-٥. الاستخدامات المختلفة لبرج خليفة (المكاتب، السكن، الفنادق، السياحة)

١-١-٥. الاستخدامات التجارية والسكنية:

- **الشقق السكنية:** يحتوي برج خليفة على مجموعة من الشقق الفاخرة التي توفر إطلالات بانورامية رائعة على مدينة دبي والخليج العربي.
- **المكاتب:** يضم البرج مساحات مكتبية تعتبر من بين الأرقى في العالم، حيث توفر بيئة عمل مثالية.

2-1-5. الترفيه والضيافة:

- **فندق أرماني دبي:** يعتبر أحد الفنادق الفاخرة التي تقع داخل البرج ويقدم تجربة فريدة من نوعها للنزلاء.

- **المطاعم والمقاهي:** يوفر برج خليفة مجموعة متنوعة من المطاعم والمقاهي التي تقدم تجارب طعام مميزة بفضل المناظر الخلابة.

5-1-3. السياحة والتجارب الفريدة:

- **مرصد القمة:** يعتبر وجهة سياحة رئيسية حيث يمكن للزوار الاستمتاع بمشاهدة المدينة من أعلى النقاط.
- **العروض الضوئية:** يستخدم البرج كلوحة فنية ضخمة للعروض الضوئية والألعاب النارية خاصة في المناسبات مثل رأس السنة.

5-1-4. الفعاليات والمؤتمرات:

- **قاعات الاجتماعات:** يحتوي البرج على مجموعة من القاعات المجهزة بأحدث التقنيات لاستضافة المؤتمرات والفعاليات الكبرى.
- **الفعاليات الثقافية والفنية:** يشارك البرج في استضافة وعرض العديد من الفعاليات الثقافية والفنية التي تعزز من تجربة الزوار.

5-1-5. الابتكار والاستدامة:

- **مركز الابتكار:** يضم البرج مركزاً مخصصاً للابتكار وتقديم الحلول الذكية والمستدامة.
- **تكنولوجيا المباني الخضراء:** يستخدم برج خليفة تقنيات متقدمة للحفاظ على البيئة وتقليل استهلاك الطاقة.

٥-٢. الفوائد الاقتصادية والاجتماعية للمبنى[16,8,15,7]

٥-٢-١. الفوائد الاقتصادية:

- **السياحة:** يجذب برج خليفة ملايين الزوار سنويا، مما يعزز السياحة ويزيد من الإرادات السياحية، في عام 2014, حققت قمة برج خليفة وحدها حوالي 800 مليون درهم من الإرادات خلال 9 أشهر.
- **العقارات:** رفع برج خليفة من قيمة العقارات المحيطة به، مما أدى إلى زيادة الاستثمارات العقارية في المنطقة.
- **الوظائف:** يوفر البرج العديد من فرص العمل في مجالات مختلفة مثل الضيافة، السياحة، الصيانة.

- **الفعاليات والمؤتمرات:** يستضيف البرج العديد من الفعاليات والمؤتمرات الدولية، مما يعزز من مكانة دبي كمركز عالمي للأعمال.

2-2-5. الفوائد الاجتماعية:

- **الهوية الوطنية:** أصبح برج خليفة رمزا للحداثة والتطور في الإمارات، مما يعزز من الفخر الوطني والهوية الوطنية.
- **التفاعل الاجتماعي:** يوفر البرج مساحات للتفاعل الاجتماعي من خلال المطاعم والمقاهي والأماكن العامة.
- **الابتكار:** يشجع البرج على الابتكار من خلال استخدام تقنيات متقدمة في البناء والاستدامة، مما يعزز من ثقافة الابتكار في المجتمع.
- **التعليم:** يعتبر البرج مصدر إلهام للطلاب والباحثين في مجالات الهندسة والعمارة والتكنولوجيا.

6- الحفاظ على برج خليفة

٦-١. الصيانة والتحديثات المستمرة:[17]

١- ستقوم شركة Otis بتحديث 34 مصعدًا وثمانية سلالم متحركة وصيانة جميع الوحدات في المعلم الشهير عالميًا.

٢- قامت شركة Otis بتركيب المصاعد والسلالم المتحركة الأصلية للمبنى الشهير في عام 2010.

٣- برج خليفة هو أطول مبنى في العالم، ويستقبل حوالي 17 مليون زائر سنوياً.

٤- ستدعم هذه التحديثات التنقل العمودي الآمن والفعال لسنوات قادمة.

قامت شركة إعمار العقارية باختيار شركة Otis العالمية المدرجة في بورصة نيويورك تحت الرمز (NYSE: OTIS)، الشركة الرائدة عالميًا في تصنيع المصاعد والسلالم المتحركة والممرات المتحركة، لتحديث 34 مصعدًا من أصل 57 وجميع السلالم المتحركة الثمانية. في برج خليفة أطول مبنى في العالم. ويتضمن العقد صيانة جميع الوحدات لمدة 10 سنوات إضافية.

٦-٢. إجراءات السلامة والأمان في البرج:[18,11,15,7]

- **أنظمة الحريق:** يحتوي البرج على أنظمة متقدمة للكشف عن الحرائق وإطفائها، بما في ذلك رشاشات المياه وأجهزة الإنذار.

- **المصاعد الآمنة:** تم تجهيز المصاعد بأنظمة أمان متقدمة لضمان سلامة الركاب في حالات الطوارئ.
- **فرق الطوارئ:** يوجد فرق متخصصة للتعامل مع حالات الطوارئ، بما في ذلك فرق الإطفاء والإسعاف.
- **التدريب المستمر:** يتم تدريب الموظفين بشكل دوري على إجراءات السلامة والطوارئ لضمان جاهزيتهم في جميع الأوقات.
- **مراقبة مستمرة:** يتم مراقبة جميع الأنظمة بشكل مستمر لضمان عملها بكفاءة وفعالية.

7- الخاتمة:

٧-١. الرؤية المستقبلية لناطحات السحاب:[20,19]

الإمارات العربية المتحدة لديها رؤية طموحة لمستقبل ناطحات السحاب، حيث تسعى إلى تعزيز مكانتها كواحدة من أبرز الدول في هذا المجال. والنقاط الرئيسية حول رؤية الإمارات المستقبلية لناطحات السحاب هي:

٧-١-١. الابتكار والتكنولوجيا:

- **استخدام التكنولوجيا المتقدمة:** تسعى الإمارات إلى استخدام أحدث التقنيات في بناء ناطحات السحاب، مثل الطباعة ثلاثية الأبعاد والمواد الذكية.
- **الاستدامة:** التركيز على بناء ناطحات سحاب مستدامة تستخدم الطاقة المتجددة وتقلل من استهلاك الموارد الطبيعية.

7-1-2. التصميم والهندسة المعمارية:

- **تصاميم مبتكرة:** تهدف الإمارات إلى تطوير تصاميم معمارية فريدة تعكس الهوية الثقافية والتاريخية للدولة.
- **المرونة والتكيف:** بناء ناطحات سحاب قادرة على التكيف مع التغيرات المناخية والبيئية.

7-1-3. المشاريع المستقبلية:

- **مشروع برج خور دبي:** من المتوقع أن يكون أطول برج في العالم عند اكتماله، وسيكون رمزاً للابتكار والتطور في الإمارات.

- **مشاريع أخرى:** هناك العديد من المشاريع المستقبلية التي تهدف إلى تعزيز مكانة الإمارات كوجهة رائدة لناطحات السحاب.

في النهاية نأمل لمثل هذه المشاريع الرائدة ان تُنفذ في بلدنا الحبيب سوريا بتصميم وادارة وتنفيذ الشركات المحلية والمهندسين السوريين الذين أثبتوا كفاءتهم وجدارتهم في كل البلاد التي تواجدوا فيها.

المراجع:

١. Wikipedia. (3فبراير ,2025). ناطحة سحاب. ويكيبيديا، الموسوعة الحرة.

٢. Sharjah24 .(2024, December 9) . فوائد ناطحات السحاب: منجزات هندسية ترتقي بالحياة نحو الأفضل. Sharjah24.

٣. إعمار. (4 يناير 2022). برج خليفة. إعمار.

٤. صحيفة الخليج. (26أغسطس 2023). أين تقع أول ناطحة سحاب في التاريخ.

٥. Wikipedia. (2 مارس 2025). ناطحة سحاب. ويكيبيديا، الموسوعة الحرة.

٦. اليوم السابع. (5نوفمبر 2022). لمحبي المغامرات.. اعرف أشهر ناطحات السحاب حول العالم.

٧. Wikipedia. (12 فبراير 2025). برج خليفة. ويكيبيديا، الموسوعة الحرة.

٨. Visit Dubai. (24أغسطس 2020). اكتشف روعة التصميم والهندسة المعمارية في برج خليفة. زوروا دبي.

٩. شبكة رحلة الهندسة.(28أكتوبر 2023). برج خليفة | Khalifa Tower.

١٠. Guinness World Records. (8 ديسمبر 2014). برج خليفة: أطول مبنى في العالم.

١١. موقع برج خليفة الرسمي. (4 يناير 2022). الهندسة والتصميم تحفة معمارية على ارتفاع 828 متراً.

١٢. construction week online. (16 يناير 2010). How the Burj was built.

١٣. شركة سكيدموري أوينغس وميرل (som). (22 نوفمبر 2019).Burj Khalifa . .

١٤. شبكة رحلة الهندسة. (28 أكتوبر 2023). مشاكل إنشائية واجهت المهندسين ساهمت في تكوين البرج.

١٥. صحيفة الخليج.(4 يناير 2025). برج خليفة.. رمز نهضة دبي.

١٦. حكومة دبي. (8 مارس 2023). نبذة عن فوائد الاقتصادية لبرج خليفة.

١٧. زاوية. (8 مارس 2024). Otis تفوز بمشروع التحديث وتمديد عقد الصيانة لمدة 10 سنوات لبرج خليفة.

١٨. حكومة دبي. (10 مايو 2023). اجراءات السلامة في برج خليفة.

١٩. مجلة سيدتي. (23 أغسطس 2024). الإمارات الثالثة عالمياً في قائمة أطول ناطحات السحاب في العالم.

٢٠. مونت كارلو الدولية. (8 أغسطس 2024). الإمارات الثالثة عالمياً بعدد ناطحات السحاب بينها الأطول من نوعها في العالم.